

## GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN

## Interacción genotipo-ambiente en ganado de la raza Santa Gertrudis en Cuba

Marco Antonio Suárez Tronco\* y \*\*, Manuel Rodríguez Castro\*\*, María del Carmen Guerra Rojas\*\* y María Segunda Martínez Gutiérrez\*\*

\* Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

\*\* Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT), Loma de Tierra, Cotorro, La Habana

marcost@cima-minag.cu

ORCID: <http://orcid.org/0002-8040-6603>

## RESUMEN

**Antecedentes:** La interacción genotipo ambiente (IGA) implica que existe un cambio de orden de mérito bajo diferentes condiciones ambientales, y esto puede ser importante desde el punto de vista económico y práctico. El objetivo fue determinar la posible existencia de IGA en ganado bovino de la raza Santa Gertrudis en Cuba.

**Métodos:** Se dispuso del peso a los 18 meses de edad de machos y hembras, que fue ajustado a 540 días de edad (PA), de 3 empresas ganaderas, con 4 529 animales que nacieron entre los años 1981- 2016, hijos de 161 sementales. Los datos se depuraron, eliminando aquellos sementales con menos de 10 hijos y grupos contemporáneos (GC) con menos de tres animales. Se conformaron dos grupos de datos, aquellos con peso final ajustado alto (PAA) y bajo (PAB) que estaban por encima y por debajo de la media, respectivamente. Se utilizó un modelo animal unicarácter considerando como efectos fijos el GC (rebaño-año-época) y el sexo y como efecto aleatorio el animal y el residuo. Un modelo bicarácter incluyó los mismos efectos, considerando PAA y PAB como dos rasgos independientes. Para aquellos sementales representados en los dos ambientes se estimaron las correlaciones de Pearson y Spearman entre sus valores genéticos.

**Resultados:** Las heredabilidades ( $h^2$ ) para el unicarácter fueron:  $0,37 \pm 0,09$  y  $0,14 \pm 0,04$  y para el bicarácter:  $0,22 \pm 0,09$  y  $0,11 \pm 0,04$ , para PAA y PAB, respectivamente. La correlación genética fue 0,82 pero las correlaciones de Pearson y Spearman: 0.04 y 0.18, indicaron que existe variación en el orden de mérito de los sementales y existencia de IGA.

**Conclusiones:** Las heredabilidades para PA fueron moderadas y superiores para las mejores condiciones independientemente del modelo, Se demuestra que bajo esta metodología ambientes contrastantes presentan evidencia de IGA al producirse cambios en el orden de mérito de los sementales.

**Palabras clave:** *parámetros genéticos, peso ajustado a 540 días*

## Genotype-Environment Interaction of Santa Gertrudis Cattle in Cuba

## ABSTRACT

**Background:** The existence of genotype-environment interaction (GEI) implies the occurrence of a change of merit order under different environmental conditions, which may be important from economic and practical standpoints. The aim of this study was to determine the possible existence of GEI in Santa Gertrudis cattle, in Cuba.

**Methods:** The weights of 18-month old males and females were adjusted to 540 days of age (AW). The animals belonged to three cattle raising companies, with 4 529 animals born between 1981 and 2016, from 161 stud bulls. The data were narrowed down, excluding the studs with less than 10 descendants, and same-age group (SA) with less than three animals. Two data sets were made: animals with a high final adjusted weight (HAW), and animals with low adjusted weight (LAW), which were above and under the mean, respectively. A single-character animal model was used, considering SA (herd-year-season) and sex as fixed effects; animal and residue were deemed as a random effect. A two-character model had the same effects, including HAW and LAW as two independent traits. Regarding the stud bulls represented in the two environments, the Pearson and Spearman correlations were estimated among their genetic values.

**Results:** The single-character heredities ( $h^2$ ) were,  $0,37 \pm 0,09$ , and  $0,14 \pm 0,04$ , and  $0,22 \pm 0,09$ , and  $0,11 \pm 0,04$ , in the two-character model for PAA and PAB, respectively. The genetic correlation was 0.82, but the Pearson and Spearman correlations were, 0.04 and 0.18, which indicated a variation in stud merit order and GEI.

**Conclusions:** Heredities in the AW were moderate and higher under better conditions, regardless of the model. This methodology demonstrated that under contrasting environments there is evidence of GEI upon changes in stud merit order.

**Key words:** *genetic parameters, weight adjusted to 540 days*

## INTRODUCCIÓN

La interacción genotipo-ambiente (IGA) es una de las complicaciones que se puede presentar en los procesos de selección de los animales y tiene implicaciones que puede tener importancia en este proceso. La IGA implica que existe un cambio de orden de mérito en diferentes condiciones ambientales; en otras palabras, los sementales o genotipos que se consideren como los mejores pueden no serlo bajo otras condiciones y esta situación puede ser importante desde el punto de vista económico y práctico. Menéndez-Buxadera y Mondonnet (2006) mostraron evidencias en ganado bovino lechero en diferentes países. Suárez, Zubizarreta y Pérez (2009) en sus resultados encontraron IGA en el ganado cubano Siboney de Cuba para producción de leche e intervalo entre partos considerando dos niveles de manejo y más recientemente Rodríguez y Guerra (2013) reportan IGA en ganado Cebú cubano. Igualmente, de Souza *et al.* (2018) encontraron IGA en rebaños de la raza Nellore en tres regiones en Brasil.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la posible existencia de IGA en ganado Santa Gertrudis en Cuba mediante la estimación de los parámetros genéticos evaluados en pruebas de comportamiento bajo condiciones de pastoreo considerando dos niveles de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información referente a 4 529 animales machos y hembras que incluyeron 3 133 pedigrís hijos de 161 sementales que nacieron entre los años 1981 y 2016 de tres empresas genéticas y que tenían registrado el peso a 18 meses de edad y este se ajustó a 540 días.

Los animales incluidos en las pruebas de comportamiento, fueron destetados entre los 6 y 7 meses de edad y seleccionados para la prueba en condiciones de pastoreo, fundamentalmente a base de pastos de *Cynodon nlemfuensis* y *Panicum maximum*, y se les proporcionó sales minerales *ad libitum*, durante un período aproximado de 12 meses. Los animales pertenecieron a las empresas: Turiguanó, Camilo Cienfuegos y Vallina.

La información se dividió en dos conjuntos de datos, aquellos que se encontraban por encima de la media para el carácter estudiado y los que estaban por abajo, que se denominaron peso ajustado a 540 días alto (PAA) y peso ajustado a 540 días bajo (PAB) y se consideraron como dos caracteres distintos para contrastar solamente los valores extremos. Un procedimiento similar fue utilizado por Rodríguez y Guerra (2013) en ganado Cebú, pero utilizando la ganancia. Se depuró la base de datos eliminando aquellos sementales con menos de 10 hijos y grupos contemporáneos menores de tres. La Tabla 1 muestra una descripción de cada subconjunto de datos con la información fundamental.

**Tabla 1. Composición genética para los dos ambientes**

Ambiente	n	No. GC	No. padres	No. madres
Alto	1 489	134	132	1 258
Bajo	2 002	144	161	1 664

GC = grupos contemporáneos

El peso se ajustó a los 18 meses de edad (540 días) de conformidad con la siguiente fórmula:

$$PA18 = \left( \frac{P18 - PA}{IPA - P18} \right) \times 175 + PA$$

Donde:

PA=peso registrado al año

P18=peso registrado a los 18 meses

IPA-P18=intervalo en días desde la fecha en que se registró el peso al año hasta la fecha que se registra el peso a los 18 meses

Se utilizó un modelo unicarácter para cada uno de los dos caracteres (ambientes); donde se consideraron los efectos fijos de grupo de contemporáneo (rebaño-año-época de nacimiento como cuatrimestre) y sexo, y los efectos aleatorios de efecto directo del animal y el residuo. En notación matricial tenemos:

$$y = Xb + Za + e$$

Donde:  $y$  = vector de registros de peso ajustado

$X$  y  $Z$  = matrices de incidencia

$b$  = vector de efectos fijos (niveles de grupos contemporáneos y sexo)

$a$  = vector de efectos aleatorios del animal

$e$  = vector de residuos

Posteriormente se utilizó un modelo multicarácter, incluyendo ambos caracteres PAA y PAB.

$$\text{Rasgo 1} \quad y_1 = X_1b_1 + Z_1a_1 + e_1$$

$$\text{Rasgo 2} \quad y_2 = X_2b_2 + Z_2a_2 + e_2$$

En notación matricial quedaría como:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & O \\ O & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & O \\ O & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde:

$y_i$  = vector de las observaciones para el  $i$ -ésimo rasgo.

$b_i$  = vector de los efectos fijos para el  $i$ -ésimo rasgo.

$a_i$  = vector de los efectos aleatorios del animal para el  $i$ -ésimo rasgo.

$e_i$  = vector de los efectos residuales aleatorios para el  $i$ -ésimo rasgo.

$X_i$  y  $Z_i$  son matrices de diseño que relacionan los datos con los efectos fijos y los animales, respectivamente.

En todos los casos se estimaron los componentes de varianza y covarianza, así como los parámetros genéticos, heredabilidad ( $h^2$ ) y correlaciones genéticas para el multicarácter. Los componentes de varianza y covarianza, los parámetros genéticos y los valores genéticos fueron estimados usando el procedimiento de máxima verosimilitud restringida (REML) y el algoritmo libre de derivadas usando el software MTDFREML (Boldman, *et al.* 1995).

Se calcularon las correlaciones de Pearson y Spearman entre los valores genéticos de los padres evaluados en ambos ambientes como un posible indicador de la presencia de interacción genotipo-ambiente utilizando el procedimiento PROC CORR del SAS 9.4 (2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los estadígrafos generales para PAA y PAB. Hubo mayor variabilidad para PAB y las medias generales para ambos grupos de caracteres fueron para PAA  $390,99 \pm 64,68$  y  $286,15 \pm 53,05$  kg considerando machos y hembras. En PAA los machos pesaron 74 % más que las hembras y en PAB 66 %, indicadores lógicos del mayor potencial de crecimiento de los machos y se amplían las diferencias a medida que el nivel de “manejo” fue superior.

**Tabla 2. Estadígrafos generales para los dos ambientes**

Ambiente	n	Media (kg)	$\pm$ DE	CV (%)	Min (kg)	Max (kg)
Alto	1 489	390,99	64,68	16,54	219	633
Bajo	2 002	286,15	53,05	18,54	112	340

Aranguren-Méndez *et al.* (2006) en animales mestizos doble propósito de Brahman y Holstein reportaron pesos ajustados a 540 días de  $283,5 \pm 38,2$  kg para machos y  $251,7 \pm 34,1$  kg para hembras, inferiores a los reportados en este trabajo considerando los dos sexos. Rodríguez Calvo *et al.* (2017) en ganado Cebú cubano encontraron en 6 hatos un rango de peso a los 18 meses que se movió entre 255-327 kg por debajo de los valores medios para el Santa Gertrudis. De Souza *et al.* (2018) con ganado Nellore en Brasil para demostrar la existencia o no de la interacción genotipo-ambiente reportan pesos ajustados a los 550 días en tres regiones de Brasil que oscilaron entre  $301,1 \pm 51,3$  y  $315,3 \pm 53,2$  kg que en comparación con el nivel considerado alto en nuestro trabajo están por debajo, aunque los coeficientes de variación se movieron alrededor de 17 % muy similares a los nuestros. Diferencias en el comportamiento de estos indicadores bajo diferentes sistemas de producción en la propia raza Nellore también fueron encontrados por Souza *et al.* (2003) y Conceição *et al.* (2005). Guillén Trujillo *et al.* (2012) con ganado Cebú Bermejo en Cuba reportaron pesos finales en pruebas de comportamiento en varias provincias del país de  $327,7 \pm 52,3$  kg que resultó inferior al reportado en Brahman de Sudáfrica (360,8 kg) por Pico (2004). Sin embargo, fue superior a los valores mencionados en Brahman blanco de Venezuela por Plasse *et al.* (2002) de 297,4 kg y de Cuba por Espinoza-Villavicencio *et al.* (2008) con 326,5 kg.

En razas criollas en Colombia en rebaños en conservación como parte del programa de recursos genéticos animales, en un rebaño Romosinuano Ossa, Suárez y Pérez (2007) reportaron para peso a los 16 meses,  $247,2 \pm 33,8$  kg y Martínez *et al.* (2009) en animales criollos Sanmartinero reportaron valores medios de  $222,58 \pm 39,6$  kg, todos inferiores a los resultados en PAB, pero con menor edad.

En la Tabla 3 se presentan los componentes de varianza y las heredabilidades para los análisis univariados.

Posiblemente la mayor variabilidad encontrada en el nivel bajo incidió en los mayores componentes de varianza, y precisamente esa mayor variabilidad fenotípica y ambiental determinó un estimado de  $h^2$  sensiblemente menor que en el nivel alto.

**Tabla 3. Componentes de varianza y heredabilidades ( $\pm$  EE) para PAA y PAB**

Estimados	PAA	PAB
$\sigma^2_A$	440	32 019
$\sigma^2_E$	755	196 688
$\sigma^2_P$	1 196	228 707
$h^2 \pm EE$	$0,37 \pm 0,09$	$0,14 \pm 0,04$

$\sigma^2_A$  = varianza genética aditiva,  $\sigma^2_E$  = varianza residual,  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica,  $h^2 \pm EE$  = heredabilidades y errores estándar

En análisis unicarácter, Rodríguez y Guerra (2013) estudiando el peso final en pruebas de comportamiento en ganado Cebú cubano, encontraron heredabilidades de  $0,22 \pm 0,04$  en nivel alto y  $0,15 \pm 0,03$  en nivel bajo. La misma tendencia que la encontrada en este trabajo, aunque la diferencia entre los extremos fue menor. Los autores plantearon la existencia de interacción genotipo-ambiente. También en Cuba y en ganado Cebú, Espinoza-Villavicencio *et al.* (2008) y Guillén Trujillo *et al.* (2012) en análisis univariados reportaron heredabilidad de 0,28, más semejantes a los encontrados en el nivel alto en Santa Gertrudis y, Rodríguez Calvo *et al.* (2017) en modelos multicarácter reportaron heredabilidad de  $0,33 \pm 0,07$  para peso a los 18 meses.

En determinaciones unicarácter Aranguren-Méndez *et al.* (2006) en bovinos mestizos doble propósito en Venezuela reportaron un valor similar al nuestro en el nivel alto ( $0,38 \pm 0,10$ ). Se puede considerar que esta población era heterogénea desde el punto de vista genético y eso influye en la variabilidad genética que fue superior a los reportados en Brahman venezolano (Plasse *et al.* 2002) o para ganado Tabapuá (Ferraz *et al.* 2004) pero similar al Hereford (Meyer *et al.* 1993). Para Nellore en Brasil, Barbosa *et al.* (2017) considerando el peso ajustado a 550 días reportaron un valor de  $h^2 = 0,26$  que es intermedio a los valores nuestros.

En ganado criollo colombiano Romosinuano, Martínez, Pérez y Herazo (2006) y Ossa, Suárez y Pérez (2007) considerando el peso a 16 meses de edad reportaron heredabilidades de  $0,33 \pm 0,07$  y  $0,13 \pm 0,05$  con la misma población; mientras Martínez *et al.* (2009) con ganado Sammartinero en los llanos orientales de Colombia reportaron un valor de  $h^2 = 0,18$ .

En la Tabla 4 aparecen los resultados obtenidos en el análisis bicarácter considerando los dos conjuntos de datos como rasgos independientes según lo planteado por Falconer y Mackay (2006) como una vía para determinar posible interacción genotipo-ambiente.

**Tabla 4. Componentes de varianza y covarianza, parámetros genéticos y sus errores estándar para PAA y PAB**

Estimados	PAA	PAB
$\sigma^2_A$	321	136
$\sigma_{a(AB)}$	171	
$\sigma^2_E$	1117	1098
$\sigma_{e(AB)}$	-99,6	
$\sigma^2_P$	1439	1233
$\sigma_{p(AB)}$	-26,6	
$h^2 \pm EE$	$0,22 \pm 0,09$	$0,11 \pm 0,04$
rg	0,82	
re	-0,09	
rp	-0,02	

$\sigma^2_A$  = varianza genética aditiva,  $\sigma_{a(AB)}$  = covarianza genética,  $\sigma^2_E$  = varianza residual,  $\sigma_{e(AB)}$  = covarianza residual,  $\sigma^2_P$  = varianza fenotípica,  $\sigma_{p(AB)}$  = covarianza fenotípica,  $h^2 \pm EE$  = heredabilidad y error estándar, rg, re, rp = correlaciones genética, residual y fenotípica, respectivamente.

Los estimados de heredabilidad fueron más bajos que los obtenidos para las estimaciones unicarácter y los componentes de varianza consecuentemente fueron más bajos. La correlación genética fue alta y positiva, pero la correlación residual y la fenotípica, aunque de signo negativo fueron prácticamente cero.

En análisis multicarácter y en trabajos tratando de encontrar evidencias de una posible interacción genotipo-ambiente, Menéndez-Buxadera *et al.* (2006) en Cebú de Cuba reportó heredabilidades entre 0,21-0,34. Guillén Trujillo *et al.* (2012) analizando el peso final en pruebas de comportamiento en ganado Cebú en Cuba reportó heredabilidad de  $0,28 \pm 0,10$  planteando que las estimaciones multivariadas son mayores que las univariadas y que aquellas son más útiles cuando la diferencia entre las correlaciones genéticas y residuales es mayor a 0,50, lo que fue planteado por Bennett y Gregory (1996). En nuestros resultados los estimados bivariados fueron menores que los univariados y se cumple lo planteado en las diferencias de las correlaciones para validar en alguna medida estos resultados.

Verde (2010) en ganado Romosinuano en Venezuela analizando entre otros caracteres el peso a 548 días encontró interacción genotipo-ambiente desde el punto de vista estadístico.

Más recientemente, de Souza *et al.* (2018) trabajando con la raza Nellore en tres localidades brasileñas y analizando el peso a 550 días de edad encontraron valores altos de heredabilidad en un rango entre 0,60-0,62, confirmando los resultados de Santos *et al.* (2012) en el norte de Brasil y reportaron existencia de interacción genotipo-ambiente. De Lira *et al.* (2013) en la misma raza en tres estados brasileños encontraron heredabilidades de 0,80 en dos de ellos y 0,24 en la región de Mato Grosso que es similar al encontrado en el nivel alto en Santa Gertrudis.

Souza *et al.* (2003) plantearon que correlaciones genéticas menores a 0,80 en ambientes distintos para el mismo carácter es indicador de interacción genotipo-ambiente, lo que fue ratificado por Nepomuceno *et al.* (2013). Aunque ese es un criterio importante no se puede considerar el único y hay que valorar también el cambio en el orden de mérito entre los sementales atendiendo a sus valores genéticos. En nuestro trabajo, el hecho de que la correlación genética fuese 0,82 indica que ambos caracteres están determinados por los mismos genes que actúan aditivamente, pero necesariamente no se puede asegurar que no exista interacción genotipo-ambiente, la que se puede valorar mejor a partir de las correlaciones de Pearson y Spear-

man atendiendo a los valores genéticos encontrados para ambas situaciones ambientales para aquellos sementales con hijos representados en ambos ambientes.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las correlaciones de Pearson y de Spearman que se estimaron para los 48 toros representados en ambos ambientes y demuestran que no hay asociación entre los valores genéticos de los toros representados en los dos diferentes ambientes, es decir que los mejores en el ambiente alto, necesariamente no son los mejores bajo las otras condiciones.

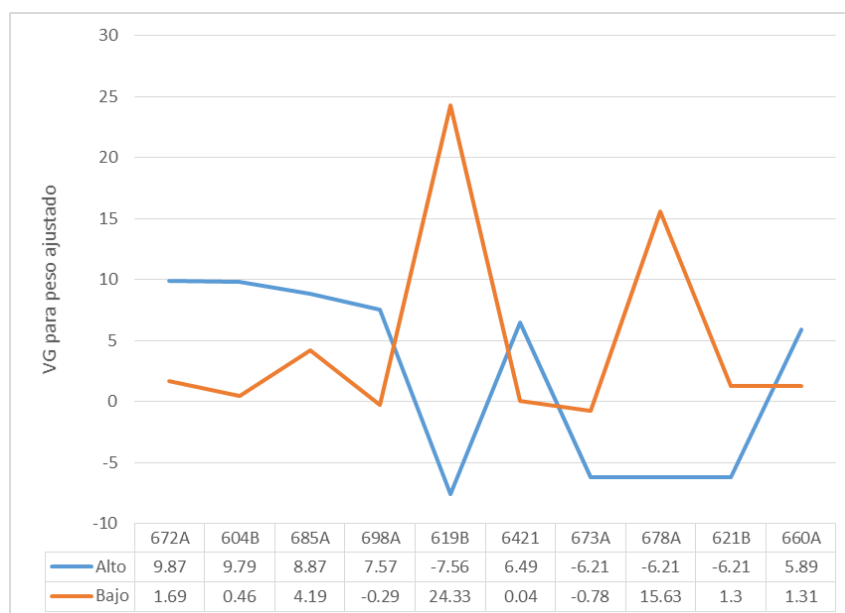
**Tabla 5. Correlaciones de Pearson y Spearman para los valores genéticos de los toros representados en ambos ambientes**

	VGA	VGB
VGA	-	0,04
VGB	0,18	-

Nota: Correlación de Pearson encima de la diagonal y correlación de Spearman debajo de la diagonal. VGA=valor genético ambiente alto; VGB=valor genético ambiente bajo

Rodríguez y Guerra (2013) reportaron en ganado Cebú en Cuba correlaciones de Pearson y de Spearman de 0,46 y 0,39, respectivamente, concluyendo que existe interacción genotipo-ambiente entre los dos ambientes extremos utilizados. Estos valores fueron superiores a los de este trabajo. También, de Souza *et al.* (2018) concluyeron que en correspondencia con las correlaciones de Spearman encontradas para los valores genéticos en toros de la raza Nellore en Brasil en tres estados que variaron entre 0,28 y 0,31, es suficiente evidencia de interacción genotipo-ambiente.

En la Fig. 1 aparecen para 10 toros escogidos al azar sus valores genéticos en los dos ambientes y demuestra la variabilidad y el cambio del orden de mérito de los sementales ratificando los aspectos planteados anteriormente. Por ejemplo, el 619B, 673 A, 678 A, 621B se comportaron mejor en las peores condiciones.



**Fig. 1. Variaciones en el valor genético (VG) para una muestra de 10 toros evaluados bajo condiciones contrastantes**

Ambrosini *et al.* (2016) plantearon que el cambio en el orden de mérito de los sementales como evidencia de interacción genotipo-ambiente debe ser especialmente considerado en ambientes desfavorables, donde es más difícil identificar los mejores animales.

## CONCLUSIONES

Las heredabilidades para peso ajustado a 540 días de edad fueron moderadas y siempre superiores para las mejores condiciones independientemente de estimarse por un modelo unicarácter o bicarácter, resultando en este último caso inferiores.

Se demuestra que bajo esta metodología ambientes contrastantes presentan evidencia de interacción genotipo-ambiente al producirse cambios importantes en el orden de mérito de los sementales.

## REFERENCIAS

- Ambrosini, D., Malhado, C., Martins Filho, R. y Carneiro, P. (2016). Genotype x environment interaction via models of reaction norms for growth traits in Nelore cattle. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(2), 177-186.
- Aranguren-Méndez, J., Bravo, R. R., Villasmil Ontiveros, Y., Chirinos de Faría, Z., Romero, J. y Soto Belloso, E. (2006). Componentes de (co) varianza y parámetros genéticos para características de crecimiento en animales mestizos de doble propósito. *Revista científica*, 16(1), 55-61.
- Barbosa, A., Carneiro, P., Rezende, M., Ramos, I., Martins Filho, R., & Malhado, C. (2017). Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodutivas em bovinos Nelore no Brasil. *Archivos de zootecnia*, 66(255), 449-452.
- Bennett, G. y Gregory, K. (1996). Genetics (co)variances among birth weight, 200-day weight and postweaning gain in composites and parental breeds of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 74(11), 2596-2611.
- Boldman, K., Kriese, L., Van Vleck, L., Van Tassel, C. y Kachman, S. (1995). *A manual for use of MTDFREML*. Lincoln, NE: United State Department of Agriculture.
- Conceição, F. M., Ferraz Filho, P. B., Silva, L. O. C., Braganca, V. L. C., & Souza, J. C. (2005). Environmental factors that influence the weaning weight, year weight and weight at 18-months in Nelore Mocho cattle in the southwest of Mato Grosso do Sul-Brazil. *Archives of Veterinary Science*, 10(2), 88-93.
- De Lira, T. S., Pereira, L. D. S., Nepomuceno, L. L., Alexandrino, E., Lopes, F. B., Lôbo, R. B. y Ferreira, J. L. (2013). Genotype-environment interaction of post-weaning weights in Nellore from Maranhão, Mato Grosso and Pará States. *Acta Veterinária Brasílica*, 7(4), 282-287.
- De Souza, J., Leao Fialho, F., Goncalves de Rezende, M., Cavallari Machado, C., Pereira Alencar, M., Fregonesi de Souza, C., *et al.* (2018). Genotype-environment interaction, genetic trends, and performance dissimilarity of Nelore herds raised in three different environmental gradients. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 39(1), 349-362.
- Espinoza-Villavicencio, J., Palacios-Espinosa, A., Guerra-Iglesias, D., González-Peña, D., Ortega-Pérez, R. y Rodríguez-Almeida, F. (2008). Comparación de dos modelos para la estimación de parámetros y valores genéticos del peso en ganado Cebú. Comparación de dos modelos para la estimación de parámetros y valores genéticos del peso en ganado Cebú. *Agrociencia*, 41(2), 29-36.
- Falconer, D. y Mackay Trudy, F. (2006). *Introducción a la genética cuantitativa*. España: Ed. Acribia, S. A.
- Ferraz, P., Ramos, A., da Silva, L., de Sousa, J. y de Alencar, M. (2004). Alternative animal models to estimate heritabilities and genetic correlations between direct and maternal effects of pre and post-weaning weights of Tabapua cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(3), 119-125.
- Guillén Trujillo, A., Guerra Iglesias, D., Ávila Serrano, N., Palacios Espinosa, A., Ortega Pérez, R. y Espinoza Villavicencio, J. (2012). Parámetros y tendencias genéticas del peso al destete y a los 18 meses de edad en ganado Cebú bermejo de Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(1), 19-31.
- Martínez, R. A., Pérez, J. E., y Herazo, T. (2006). Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla colombiana Costeño con Cuernos. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 12-20.
- Martínez, R., Onofre, G. y Polanco, N. (2009). Parámetros genéticos y tendencias para características de crecimiento en el ganado criollo Sanmartinero en los Llanos Orientales de Colombia. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(2), 196-204.
- Menéndez-Buxadera, A. y Mandonnet, N. (2006). The role and importance of genotype-environment interaction for animal breeding in the tropics. *Animal Breeding Abstract*, 74(1), 1-14.

- Menéndez-Buxadera, A., Guerra, D., Planas, T., Ramos, F. y Lucía, F. (2006). Parámetros genéticos del peso vivo de machos Cebú en prueba de comportamiento en condiciones de pastoreo de Cuba, mediante modelo animal univariado, multicares y regresiones aleatorias. *Revista Cubana Ciencia Agrícola*, 40(4), 397-408.
- Meyer, K., Carrick, J. y Donnelly, B. (1993). Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibred selection experiment. *Journal of Animal Science*, 71(1), 2614-2622.
- Nepomuceno, L. L., De Lira, T. S., Lopes, F. B. y Lôbo, R. B. (2013). Genotype-environment interaction for maternal effect traits in Nellore cattle from Maranhão, Mato Grosso and Pará States. *Revista Brasileira de Saúde Produção Animal*, 14(2), 269-276.
- Ossa, G., Suárez, M. y Pérez, J. (2007). Efectos del medio y la herencia sobre los pesos al nacimiento, al destete y a los 16 meses de edad en terneros de la raza criolla Romosinuano. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 81-92.
- Pico, B. (2004). *Estimation of genetic parameters for growth traits in South African Brahman cattle*. South Africa: University of the Free State.
- Plasse, D., Verde, O., Fossi, H., Romero, R., Hoogesteijn, R., Bastidas, P. y Bastardo, J. (2002). (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *Journal of Animal Breeding Genetics*, 119(3), 141-153.
- Rodríguez Calvo, Y., Ponce de León Sentí, R. E., Gómez Camacho, S. y Rodríguez Castro, M. (2017). Efectos ambientales y genéticos que influyen el peso de hembras y machos de la raza Cebú Cubano en pruebas de comportamiento. *Livestock Research for Rural Development*, 29(1), 110-117.
- Rodríguez, Y. y Guerra, D. (2013). Evidencia de interacción genotipo-ambiente para peso final en prueba de comportamiento en el Cebú Cubano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(1), 13-17.
- Santos, G. C., Lopes, F. B., Marques, E. G., Silva, M. C., & Cavalcante, T. V. (2012). Genetic trend for adjusted weight at 205, 365 and 550 days of age of Nellore cattle from Northern Brazil. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34(1), 97-101.
- SAS (2013). *User's Manual of Statistical Analysis System (SAS) (Version 9.4)*. Cary, NC.
- Souza, J., Gadini, C., Silva, L., Ramos, A., Alencar, M., Ferraz Filho, P. y Vleck, L. (2003). Estimates of genetic parameters and evaluation of genotype x environment interaction for weaning weight in Nellore cattle. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 11(2), 94-100.
- Suárez, M., Zubizarreta, I. y Pérez, T. (2009). Interacción genotipo ambiente en ganado bovino Siboney de Cuba. *Livestock Research Rural Development*, 21(29).
- Verde, O. (2010). Interacción genotipo x ambiente para peso a 548 días en bovinos de carne. *Zootecnia Tropical*, 28(4), 507-512.

Recibido: 15-1-2019

Aceptado: 3-6-2019

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

La participación de los autores fue la siguiente: Concepción y diseño de la investigación: Suárez, M.A., análisis e interpretación de los datos: Suárez, M.A.; Rodríguez, M.; Guerra, Ma. del Carmen; Martínez, Ma. Segunda, redacción del artículo: Suárez, M. A.

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno